文章编号: 1007-5429(2008) 05-0072-06

风险资本分阶段投资最优投资时机选择研究

尹洪英[1], 徐丽群[1], 权小锋[2]

(1. 上海交通大学 安泰经济与管理学院, 上海 200052; 2. 厦门大学 管理学院, 厦门 361005)

摘要: 分阶段投资是风险投资的基本运作方式。引入虚拟现金流变量, 使风险投资前、中、后阶段的分析纳入一个统一的框架; 结合有债权以及动态规划技术, 建立分阶段投资时机选择的决策模型; 最后利用工程数学软件 Matlab6.5 对已建立的决策模型进行数值模拟分析, 得到了相关有益的研究结论。研究认为: ①随着投资阶段的延伸, 最优投资的临界状态值将越来越小; ②随着风险投资家逐渐提高其短期投资回报的要求, 投资临界值关于投资成本的变动会呈现先频繁后趋于平稳的过程。

关键词: 分阶段投资; 项目价值; 期权价值; 投资决策

中图分类号: F830.59　　文献标识码: A

Research on Optimal Time of Staged Financing in Venture Capital

YIN Hong-ying[1], XU Li-qun[1], QUAN Xiao-feng[2]

(1. Antai College of Economics and Management, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200052, China; 2. School of Management, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

Abstract: Staged financing is a basic operational form of venture capital, so it is of important senses for research decision problem of staged financing. Firstly, the virtual cash-flow variable is introduced to bring all stages of venture capital involvement (including former stage、medium-term stage、post-investment stage) into a whole frame; secondly, the basic model of investment decision is established by applying contingent claims approach and the optimal investment role in staged financing is researched by applying dynamic programming approach; finally, the decision model is analyzed with numerical simulation by engineering mathematic software Matlab6.5. Some useful research conclusions are made. These are: (1) the critical value of optical investment is smaller and smaller with extending investment stages; (2) if venture capitalists improve short investment return step by step, the changing process of critical value of every investment stage for investment cost is frequent at beginning and then stable.

Key words: staged financing; project value; option value; investment decision

1 引言

分阶段投资是风险投资公司对风险企业采取分段资本注入的一种方式, 也就是说, 风险投资公司一般并不将全额资本一次性投向风险企业, 而是在企业发展的若干个阶段分批投入资本, 并保留在任何一个阶段放弃投资和进行清算的权利[1]。它实际上是赋予风险投资公司一种"没有义务的权利"[2], 这种权利使得风险投资公司拥有不断搜索关于企业管理团队、运行环境及项目运作的新信息, 并保留中止投资及更换企业管理层的期权, 对这种期权的价值分析构成了分阶段投资决策的基础。

对于分阶段投资的投资时机决策问题, 李宪印从分阶段投资的期权特性入手, 分析了分阶段投资

收稿日期: 2007-10-20;　修回日期: 2007-12-20

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(70401007)

作者简介: 尹洪英(1979-), 女, 山东菏泽人, 博士研究生, 主要研究方向为管理决策。

的价值区间, 并依据价值区间的判断决定投资时机[3]。宋军等人建立了一种极小化跟踪投资回报率与目标回报率偏差的多阶段投资决策模型, 并将随机模拟、遗传算法和神经网络集成在动态规划之中, 设计给出一种智能化的求解方法, 求得反馈形式的最优投资策略[4]。刘正林、徐伟宣在对风险资本投资的安全性进行分析的基础上, 提出超额收益极大化决策目标下的最优投资决定模型, 给出了分段投资的序列决策方法[5]。刘正林还在其博士论文中提出一种基于现金流的分阶段决策方法, 这种方法通过分析风险企业生命周期特性与投资阶段现金流之间的关系, 提出了投资决策的目标, 建立了分阶段的投资链条[6]。Dixit 和 Pindyck 研究了盈利流为正时的多阶段投资问题, 得到每阶段投资机会的期权价值和触发投资的价格临界值以及最优投资时间[7]。然而在风险投资的实践中, 投资项目的前期阶段盈利流往往为负, 但此时项目仍有可能是有价值的, 对于这样的决策问题目前并没获得一个很好的解决办法。本文构造了一个虚拟现金流变量, 通过确定其中的修正系数, 使得风险投资前、中、后阶段的分析都能纳入一个整体进行分析, 对分阶段投资的最优投资时机进行了重点研究, 得出了有益的研究结论。

2 投资决策的基本模型

2.1 虚拟现金流

针对风险投资项目的具体特点, 本模型构造一个虚拟量, 即当前时期项目的虚拟现金流 C, 它可以表示如下

$$C = C_0 + \varepsilon \tag{1}$$

其中, C_0 表示当前时期项目的实际现金流, ε 表示修正量, 与投资阶段、折旧、决策者及项目的其他特征相关。这一系数是在当前实际现金流基础上, 结合投资项目所处的阶段、折旧等项目特征所作的调整, 经过调整要求 $C \geqslant 0$。

假设 $V(C)$ 为风险投资项目的价值, $F(C)$ 为风险投资项目的投资机会价值, 则虚拟现金流 C 是 $V(C)$ 和 $F(C)$ 的间接反映, 它可以作为项目目前运作状态的暗示器。考虑到风险投资项目一般运作周期较长, 风险较大, 而且在项目发展的中、前期阶段, 一般都没有利润, 项目的实际现金流为负, 但此时项目是有价值的。针对风险投资项目的这些特点, 本模型构建了一个虚拟现金流, 它等于当前时期项目的实际现金流加上修正系数 $\varepsilon(\varepsilon > 0)$, ε 与项目所处的投资阶段、折旧、决策者与项目的其他特征相关。当这些因素都确定时, ε 是一个常数, 并且当项目的虚拟现金流 C 为 0 时, 项目的价值为 0(项目的价值 $V(-\varepsilon + \varepsilon) = 0$); 当前时期项目的实际现金流 C_0 为负值时, 虚拟现金流仍有可能为正, 从而能够计算项目价值。

常数 ε 有着比较特殊的意义: ①与项目自身的特性和项目所处的投资阶段有关。②反映了项目当期折旧对项目价值的影响。项目当期折旧一方面通过增加当期项目实际现金流 C_0 而增加了项目的价值; 另一方面通过引入折旧, 缩短了项目的运营期限, 使得投资项目的沉没成本必须在更短的期限内得到补偿, 调低了项目的价值。③反映了决策者对待风险的态度。当项目的实际现金流是 $-\varepsilon$ 时 $(C = 0)$, 项目此时已没有价值。对于风险偏好型的决策者, ε 的取值可能会高一些; 对于风险厌恶型的决策者, ε 的取值可能会低一些; 对于风险中性的决策者, ε 的取值介乎以上两者之间。

通过对实际现金流经过修正系数调整以后, 进一步假设虚拟现金流 C 的变化服从几何布朗运动, 这一虚拟现金流成为投资者投资决策的基础, 即模拟现金流路径为:

$$dC = \alpha C dt + \sigma C dB \tag{2}$$

其中, dB 是一个标准维纳过程的增量, dt 是时间变量, α 为变化的漂移率或比例增长率, σ 为虚拟现金流 C 变化的方差, 反映投资项目收益的不确定性水平。

2.2 风险投资项目的价值

假设项目的寿命期限 K 是随机的, 并服从泊松分布。在任何时刻 k, 如果项目已经存在了很长时间, 那么在下一个时间段 Δk 内, 项目死亡的概率为 $\theta\Delta k + 0(\Delta k)$, θ 表示项目的折旧参数, 项目的折旧额越大, θ 越大, 项目的死亡概率越大。现在, 从初始观点来看, $P(K = 0) = 0$, 根据假设条件有

$$P[k < K < k + \Delta k/(K \geqslant t)] = \theta\Delta k + 0(\Delta k)$$

令 $\Delta k \to 0$, 上式可简化为关于随机期限 K 分布函数 $\varnothing(K)$ 的微分方程

$$\varnothing'(K) = \theta[1 - \varnothing(K)]$$

由初始条件 $\varnothing(0) = P(K = 0) = 0$, 可得随机期限 k 的分布函数为 $1 - e^{-\theta k}$, k 的概率密度函数为 $\theta e^{-\theta k}$。

如果项目确实持续到了 k, 其现金流 C 的预期现值为

$$E\int_0^k e^{-\rho t} C_t \mathrm{d}t = \int_0^k e^{-\rho t} C e^{\alpha t} \mathrm{d}t = \frac{C[1 - e^{-(\rho-\alpha)k}]}{\rho - \alpha} \quad (3)$$

其中 ρ表示外生的贴现率, α为虚拟现金流 C 变化的比例增长率, 在此我们必须假定 $\alpha < \rho$, 否则选择一个较大的时间, 公式(3)中的积分可能无穷大。利用寿命周期的概率密度为泊松过程可以获得项目的预期价值

$$V(C) = \int_0^K \theta e^{-\theta t} \frac{C(1 - e^{-(\rho-\alpha)t})}{\rho - \alpha} \mathrm{d}t = \frac{C\theta}{\rho - \alpha} \int_0^K e^{-\theta t} (1 - e^{-(\rho-\alpha)t}) \mathrm{d}t = \frac{C\theta}{\rho - \alpha} \left\{ \frac{\rho - \alpha}{\theta(\theta + \rho - \alpha)} + \frac{\exp[-K(\theta + \rho - \alpha)]}{\theta + \rho - \alpha} - \frac{\exp(-K\theta)}{\theta} \right\} \quad (4)$$

2.3 风险投资项目的决策价值及机会价值

分阶段投资机制保证了风险投资“可延迟性”特征的最佳发挥。这相当于赋予风险投资家一个追加投资的期权(成长期权, growth option) 或放弃投资的放弃期权(abandon option); 另外, 还包含投资或追加投资的最佳时机问题[8]。风险投资家如果对未来市场缺乏明确的认识, 则要权衡立即投资与延迟投资的利弊, 当预期收益大于投资成本时才投资; 而当市场不容乐观时, 就放弃这个项目, 从而避免了立即投资带来的损失。延迟投资赋予了风险投资家很大的灵活性。

假定任何阶段的投资决策选择都是二元变量(即只有两种选择): 一个是立即投资以取得最终回报 $V(C) - I$, 一个是等待投资到下一阶段, 下一阶段另一组相同的二元选择仍存在。这样, 对于虚拟现金流 C 而言, 必然存在临界状态 C^*, 使得 $C > C^*$ 时, 立即投资是最优决策选择; $C < C^*$ 时, 等待投资是最优决策选择。并且 Pindyck(1991 年) 应用动态规划技术, 通过贝尔曼方程已经证明这种临界状态的唯一性[9]。因此对应于风险投资中的最优决策, 其决策价值函数 $P(C)$ 是一分段函数, 即

$$P(C) = \begin{cases} F(C), & C < C^* \\ V(C) - I, & C \geqslant C^* \end{cases} \quad (5)$$

投资机会价值 $F(C)$ 的计算, 我们利用或有债权定价方法, 构造一个无风险的投资组合, 在 t 时刻该组合由一个风险投资项目(它拥有一个投资机会)和 n 个单位的短期空头(与 C 相关)。对于这个组合有两点要求: ① 投资组合的内容可不断调整, 使得组合的价值与 C 的变化过程完全相关; ② 在时间间隔$(t, t+\mathrm{d}t)$, 通过 n 个单位空头的选择使得所构造的组合收益无风险。

投资组合的价值为 $\phi = F(C) - nC$, 随机性的资本收益为 $\mathrm{d}\phi = \mathrm{d}F(C) - n\mathrm{d}C$。由伊藤引理可知

$$\mathrm{d}F(C) - n\mathrm{d}C = \left[\alpha C \frac{\partial F(C)}{\partial C} + \frac{1}{2}(\sigma C)^2 \frac{\partial^2 F(C)}{\partial C^2} \right] \cdot \mathrm{d}t + \sigma C \frac{\partial F(C)}{\partial C} \mathrm{d}B - n(\alpha C \mathrm{d}t - \sigma C \mathrm{d}B) = \left\{ \alpha C \left[\frac{\partial F(C)}{\partial C} - n \right] + \frac{1}{2}(\sigma C)^2 \frac{\partial^2 F(C)}{\partial C^2} \right\} \mathrm{d}t + \sigma C \left[\frac{\partial F(C)}{\partial C} - n \right] \mathrm{d}B$$

为了使所构造的组合变得无风险, 选择 $n = \frac{\partial F(C)}{\partial C}$ 以消除 $\mathrm{d}B$ 项。

由于短期头寸每个单位的持有者必须支付相应长期头寸持有一定量的回报, 因此 n 个单位的短期头寸持有者需支付的量为 $n\delta C \mathrm{d}t$, 所构造组合的整体回报为 $\mathrm{d}\phi - n\delta C\mathrm{d}t$。

利用所构建组合的整体回报等于无风险利率 r 的回报。即 $\mathrm{d}\phi - n\delta C\mathrm{d}t = r\phi\mathrm{d}t$, 建立偏微分方程如下

$$\frac{1}{2}(\sigma C)^2 \frac{\partial^2 F(C)}{\partial C^2} + (r - \delta) C \frac{\partial F(C)}{\partial C} + rF(C) = 0 \quad (6)$$

由公式(1)的隐含条件可知, 当 $C = 0$ 时, 投资机会的价值 $F(0) = 0$, 代入式(6)可得

$$F(C) = MC^{\lambda_1} \quad (7)$$

其中 M 为常数

$$\lambda_1 = \frac{-\left(r - \delta - \frac{1}{2}\sigma^2\right) + \sqrt{\left(r - \delta - \frac{1}{2}\sigma^2\right)^2 + 2r\sigma^2}}{\sigma^2} > 1$$

因此对应于风险投资中的最优决策, 其决策价值函数 $P(C)$:

$$P(C) = \begin{cases} MC^{\lambda_1}, & C < C^* \\ V(C) - I, & C \geqslant C^* \end{cases} \quad (8)$$

当 $C \geqslant C^*$ 时, 风险投资家执行投资的期权, 立即投资; 当 $C < C^*$ 时, 风险投资家不执行投资的期权, 等待投资(延迟投资)。

根据决策的连续性要求在 C^* 处满足边界条件

$$\begin{cases} MC^{*\lambda_1} = V(C^*) - I \\ \left.\dfrac{\partial MC^{\lambda_1}}{\partial C}\right|_{C=C^*} = \left.\dfrac{\partial[V(C^*) - I]}{\partial C}\right|_{C=C^*} \end{cases} \quad (9)$$

将式(4)代入式(9)可得

$$\begin{cases} MC^{*\lambda_1} = \dfrac{C^*\theta}{\rho-\alpha}\left\{\dfrac{\rho-\alpha}{\theta(\theta+\rho-\alpha)} + \dfrac{\exp[-K(\theta+\rho-\alpha)]}{\theta+\rho-\alpha} - \dfrac{\exp(-K\theta)}{\theta}\right\} - I \\ \lambda_1 MC^{*\lambda_1-1} = \dfrac{\theta}{\rho-\alpha}\left\{\dfrac{\rho-\alpha}{\theta(\theta+\rho-\alpha)} + \dfrac{\exp[-K(\theta+\rho-\alpha)]}{\theta+\rho-\alpha} - \dfrac{\exp(-K\theta)}{\theta}\right\} \end{cases}$$

解方程组可得

$$\begin{cases} M = \dfrac{Q^{\lambda_1}(\lambda_1 - 1)^{\lambda_1-1}}{I^{\lambda_1-1}\lambda_1^{\lambda_1}} \\ C^* = \dfrac{I\lambda_1}{Q(\lambda_1 - 1)} \end{cases} \quad (10)$$

其中

$$Q = \frac{\theta}{\rho-\alpha}\left\{\frac{\rho-\alpha}{\theta(\theta+\rho-\alpha)} + \frac{\exp[-K(\theta+\rho-\alpha)]}{\theta+\rho-\alpha} - \frac{\exp(-K\theta)}{\theta}\right\}$$

$$\lambda_1 = \frac{-\left(r-\delta-\frac{1}{2}\sigma^2\right) + \sqrt{\left(r-\delta-\frac{1}{2}\sigma^2\right)^2 + 2r\sigma^2}}{\sigma^2} > 1$$

3 分阶段投资时机决策分析

风险投资决策的过程是一个系统的、动态的、多阶段过程,并且是按照某种特定的时间顺序进行的,因此相应的投资决策的制定也是一个连续的多阶段过程。一个风险投资项目的相邻投资阶段间有很强的相关性,并且存在着复合期权问题。

为了问题研究的方便,首先选择的风险投资项目具有连续的两个投资阶段,然后应用动态规划技术,通过递推可以应用到具有多个投资阶段的风险投资项目。

假定阶段Ⅰ的投资成本为 I_1,临界现金流为 C_1^*,投资机会价值 $F_1(C)$,投资决策价值 $P_1(C)$。假定阶段Ⅱ的投资成本为 I_2,临界现金流为 C_2^*,投资机会价值 $F_2(C)$,投资决策价值 $P_2(C)$。对于两阶段的投资决策问题,关键是求出各阶段的最优投资规则(最优投资的临界值)。这可以采用逆推的方法,即首先根据决策价值 $P_2(C)$ 的连续性要求,分析第二阶段的最优投资时机 C_2^*,其次根据决策价值 $P_1(C)$ 的连续性要求,分析第一阶段的最优投资时机 C_1^*。而在这种分析中最重要的就是求出各阶段的投资机会价值 $F_2(C)$ 和 $F_1(C)$。

3.1 第二阶段

按照投资机会价值的计算方法,第二阶段的投资机会价值 $F_2(C)$ 满足以下微分方程

$$\frac{1}{2}(\sigma C)^2\frac{\partial^2 F_2(C)}{\partial C^2} + (r-\delta)C\frac{\partial F_2(C)}{\partial C} + rF_2(C) = 0$$

且 $F_2(0)=0$,从而解得:$F_2(C)=M_2C^{\lambda_1}$。

因此对应于第二阶段风险投资中的最优投资时机,其决策价值函数 $P_2(C)$

$$P_2(C) = \begin{cases} M_2C^{\lambda_1}, & C < C_2^* \\ V(C) - I_2, & C \geqslant C_2^* \end{cases}$$

当 $C \geqslant C_2^*$ 时,第二阶段风险投资家执行投资的期权,立即投资;当 $C < C_2^*$ 时,风险投资家不执行投资的期权,不进行投资。

根据决策的连续性要求在 C_2^* 处满足边界条件

$$\begin{cases} MC_2^{*\lambda_1} = V(C_2^*) - I \\ \left.\dfrac{\partial MC_2^{*\lambda_1}}{\partial C}\right|_{C=C_2^*} = \left.\dfrac{\partial[V(C_2^*) - I]}{\partial C}\right|_{C=C_2^*} \end{cases}$$

解得

$$\begin{cases} M_2 = \dfrac{Q^{\lambda_1}(\lambda_1 - 1)^{\lambda_1-1}}{I_2^{\lambda_1-1}\lambda_1^{\lambda_1}} \\ C_2^* = \dfrac{I_2\lambda_1}{Q(\lambda_1 - 1)} \end{cases} \quad (11)$$

3.2 第一阶段

按照投资机会价值的计算方法,第一阶段的投资机会价值 $F_1(C)$ 满足以下微分方程

$$\frac{1}{2}(\sigma C)^2\frac{\partial^2 F_1(C)}{\partial C^2} + (r-\delta)C\frac{\partial F_1(C)}{\partial C} + rF_1(C) = 0$$

且 $F_1(0)=0$,从而解得:$F_1(C)=M_1C^{\lambda_1}$

因此对应于第二阶段风险投资中的最优投资时机,其决策价值函数 $P_1(C)$

$$P_1(C) = \begin{cases} M_1C^{\lambda_1}, & C < C_1^* \\ P_2(C) - I_1, & C \geqslant C_1^* \end{cases}$$

当 $C \geqslant C_1^*$ 时,第一阶段风险投资家执行投资的期权,立即投资;当 $C < C_1^*$ 时,风险投资家不执行投资的期权,等待投资(延迟到第二阶段)。

根据决策的连续性要求在 C_1^* 处满足边界条件

$$\begin{cases} M{C_1^*}^{\lambda_1} = P_2(C_1^*) - I_1 \\ \left.\dfrac{\partial M{C_1^*}^{\lambda_1}}{\partial C}\right|_{C=C_1^*} = \left.\dfrac{\partial[P_2(C_1^*) - I_1]}{\partial C}\right|_{C=C_1^*} \end{cases} \tag{12}$$

在这里, 我们需要确定 C_1^* 与 C_2^* 之间的关系, 假设 $C_1^* \leqslant C_2^*$, 则 $P_2(C_1^*) = F_2(C_1^*) = M_2C^{\lambda_1}$, 代入式(12)可知, 这两个条件不能同时满足。所以只能是 $C_1^* > C_2^*$, 并且 $P_2(C_1^*) = V(C_1^*) - I_2$。因此由方程组(12)可解得

$$\begin{cases} M_1 = \dfrac{Q^{\lambda_1}(\lambda_1 - 1)^{\lambda_1 - 1}}{(I_1 + I_2)^{\lambda_1 - 1}\lambda_1^{\lambda_1}} \\ C_1^* = \dfrac{(I_1 + I_2)\lambda_1}{Q(\lambda_1 - 1)} \end{cases}$$

其中:

$$Q = \frac{\theta}{\rho - \alpha}\left\{\frac{\rho - \alpha}{\theta(\theta + \rho - \alpha)} + \frac{\exp[-K(\theta + \rho - \alpha)]}{\theta + \rho - \alpha} - \frac{\exp(-K\theta)}{\theta}\right\}$$

$$\lambda_1 = \frac{-\left(r - \delta - \frac{1}{2}\sigma^2\right) + \sqrt{\left(r - \delta - \frac{1}{2}\sigma^2\right)^2 + 2r\sigma^2}}{\sigma^2} > 1$$

3.3 多阶段决策

由以上分析可知, 两阶段投资决策问题与单阶段投资决策问题(投资阶段 II)所得结果具有相似性, 不同之处在于投资的成本, 第一阶段所使用的投资成本为 $I_1 + I_2$, 第二阶段的投资成本为 I_2。根据以上公式, 我们可以总结规律, 并继续应用递推方法推广到多阶段(大于等于三阶段)的最优决策时机选择研究, 在一个 N 阶段项目的任一阶段 i 的投资机会价值为

$$F_i(C) = M_iC^{\lambda_1}$$

并且阶段 i 投资机会价值常数 M_i 及引起投资的临界值 C_i^*, 根据规律分析可知

$$\begin{cases} M_i = \dfrac{Q^{\lambda_1}(\lambda_1 - 1)^{\lambda_1 - 1}}{\left(\sum\limits_{j=i}^{N} I_j\right)^{\lambda_1 - 1}\lambda_1^{\lambda_1}} \\ C_i^* = \dfrac{\left(\sum\limits_{j=i}^{N} I_j\right)\lambda_1}{Q(\lambda_1 - 1)} \end{cases} \tag{13}$$

根据式(13)分析我们可以得知: $C_{i+1}^* < C_i^*$。即在分阶段投资中, 随着投资阶段的延伸, 最优投资的临界状态值将越来越小。这同我们风险投资实践吻合, 因为伴随着投资阶段的开展, 新信息的出现, 风险投资项目的风险越来越小, 引起投资的可能性越来越大, 因此即期投资的可行区域逐渐扩张, 而延期投资的区域将逐渐压缩。

4 数值模拟分析

基于以上的决策模型, 本文利用工程数学软件 Matlab6.5 进行数值模拟, 首先对参数进行设定。

4.1 参数选取

表 1 参数假定

参数	数值
θ	0.2
δ	0.04
ρ	0.12
α	0.08
K	10
r	0.12
σ	0.2
I	100
I_1	30
I_2	50

4.2 数值分析

(1) 当 $\delta = 0.02, 0.04, 0.06$ 时, σ 与 C^* 的变动关系

图 1 说明了 C^* 对于 σ 的依赖, 它反映了两层意思: ① 在其他参数确定的情况下, 投资的临界状态值与虚拟现金流的波动率同向变动。即现金流变动越大, 则投资的临界值越大, 需要越晚投资; 现金流变动越小, 则投资的临界值越小, 需要越早投资。② 伴随着风险投资家短期回报要求的 δ 增大, 一定波动率 σ 下风险投资家的投资临界值增大。

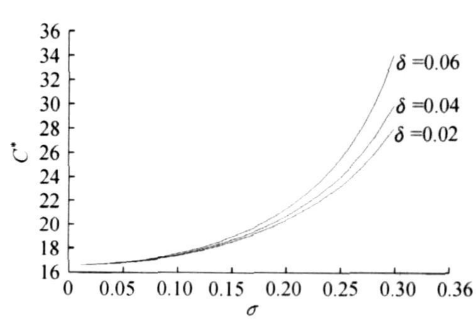

图 1 C 作为 σ 的函数在 $\delta = 0.02, 0.04, 0.06$ 时的临界状态值 C^*

(2) 当 $\delta = 0.02, 0.04, 0.06$ 时, r 与 C^* 的变动关系

图 2 说明了 C^* 对于 r 的依赖, 它反映了三层意思: ① 在其他参数确定的情况下, 投资的临界状态值与投资成本 r 反向变动。② 伴随着风险投资家

短期回报要求的 δ 增大, 一定投资成本 r 下风险投资家的投资临界值增大。③ 伴随着风险投资家短期回报要求的 δ 增大, 投资临界值关于投资成本的变动会经过先频繁后趋于平稳的过程。

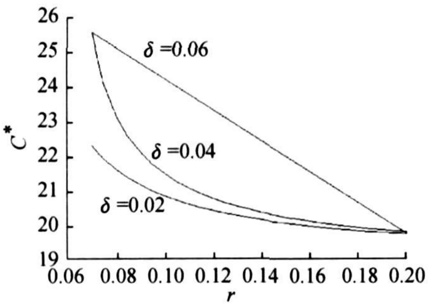

图 2 C 作为 r 的函数在 $\delta=0.02, 0.04, 0.06$ 时的临界状态值 C^*

(3) 其余参数确定时, C 与 $V(C)-I$, $F(C)$ 之间的变动关系

由图 3 分析可知, 在一般事件中, 投资的临界状态值唯一, 这同 Pindyck(1991 年) 的研究结论相吻合。

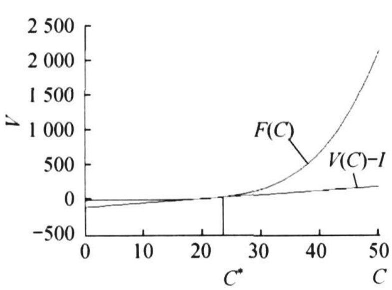

图 3 一般事件最优投资时机

(4) 分阶段投资规则模拟

由图 4 和图 5 可知, $C_1^* > C_2^*$, 即在分阶段投资中, 随着投资阶段的展开, 投资的状态临界值越来越小, 即伴随着投资阶段的开展, 新信息的出现, 风险投资项目的风险越来越小, 引起投资的可能性越来越大, 因此即期投资的可行区域逐渐扩张, 而延期投资的区域将逐渐压缩。

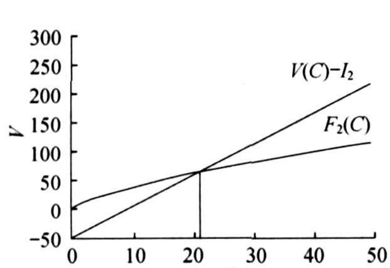

图 4 第二阶段投资时机分析

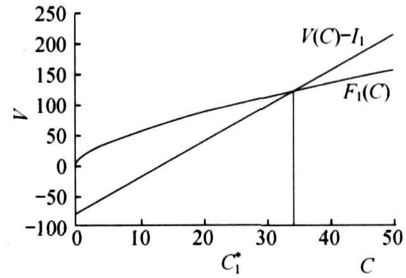

图 5 第一阶段投资时机分析

5 结论

在风险投资中, 通过选择分阶段投资方式, 风险投资家可以有效地控制投资风险, 并且在投资中处于主动地位, 但这种投资方式由于具有动态性以及决策的复杂性, 使得每一阶段投资时机的选择成为制约风险投资家决策最重要的难点问题。本文的研究通过引入虚拟现金流变量, 建立决策模型, 并利用数值模拟分析技术, 形成了相关的结论:

(1) 分阶段投资中, 随着投资阶段的延伸, 最优投资的临界状态值将越来越小。

(2) 分阶段投资中, 每一阶段投资的临界值与现金流的变动方向呈正向关系。

(3) 分阶段投资中, 每一阶段投资的临界值与投资成本成反向关系, 且当风险投资家提高其短期投资回报的要求时, 投资临界值关于投资成本的变动会经过先频繁后趋于平稳的过程。

参考文献:

[1] 夏莉, 黄晶晶. 期权定价理论与分阶段投资决策[J]. 商业研究, 2004(22): 127-129.

[2] Wang Susheng, Zhou Haillan, Zhou F. Staged financing in venture capital: Moral Hazard and Risks[J]. Journal of Corporate Finance, 2004, 10(1): 131-155.

[3] 李宪印, 刁爱梅. 风险资本分阶段投资策略的价值研究[J]. 统计与决策, 2006, (7): 42-43.

[4] 宋军, 唐万生, 张莉. 多阶段投资决策问题的一种智能化求解方法[J]. 系统工程, 2003, 21(2): 120-124.

[5] 刘正林, 徐伟宣. 风险资本多阶段投资决策分析[J]. 中国管理科学, 2002, 10(2): 1-5.

[6] 刘正林. 风险资本阶段投资评估与决策[D]. 中国科学技术大学, 2002.

[7] Dixit A K, Pindyck R S. Investment under Uncertainty[M]. Princeton, N.J. Princeton University Press, 1994.

[8] Cornell F, Yosha O. Stage Financing and the Role of Convertible Securities[J]. Review of Economic Studies, 2003(70): 1-32.

[9] Pindyck R S. Irreversibility, Uncertainty and Investment[J]. Journal of Economic Literature, 1991, 29(3): 1110- 1148.